Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 435-452

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 452-435

ارزیابی کمی و کیفی علوفه در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط دیم مراغه

عبدالله جوانمرد[1*]، مصطفی امانی‌ماچیانی[2] و حمدالله اسکندری[3]

تاریخ دریافت: 1396/03/24
تاریخ پذیرش: 1396/10/11

جوانمرد، ع.، امانی ماچیانی، م.، اسکندری، ح. 1398. ارزیابی کمی و کیفی علوفه در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط دیم مراغه. بوم‌شناسی کشاورزی. 11 (2): 452-435.

چکیده

به‌منظور بررسی کمیت و کیفیت علوفه کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) با نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در سال زراعی 1394 اجرا شد. تراکم‌های 100، 150، 200، 250 و 300 بوته در مترمربع نخودفرنگی به‌عنوان فاکتور اول و الگوهای کشت (کشت مخلوط 75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی، 50 درصد جو+ 50 درصد نخودفرنگی و 25 درصد جو+ 75 درصد نخودفرنگی) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که عملکرد کل علوفه تحت تأثیر معنی‌دار الگوی کشت و تراکم‌های مختلف نخودفرنگی قرار گرفت. بیشترین (289/2 گرم بر مترمربع) و کمترین (191/1 گرم بر مترمربع) عملکرد کل علوفه خشک به‌ترتیب در تیمارهای 75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی و 25 درصد جو+ 75 درصد نخودفرنگی بدست آمد. همچنین تراکم‌های 100 و 300 بوته در مترمربع نخودفرنگی بیشترین و کمترین تاثیرگذاری را بر روی عملکرد کل علوفه خشک داشتند. از لحاظ کیفیت علوفه، با افزایش نسبت جو خاکستر علوفه کاهش یافت؛ به‌طوری‌که در تیمار 75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی، میزان خاکستر علوفه نسبت به تیمارهای 75 درصد نخودفرنگی+ 25 درصد جو و 50 درصد جو+ 50 درصد نخودفرنگی به‌ترتیب 23/85 و 17/38 درصد کاهش یافت. علاوه بر این، با افزایش تراکم نخودفرنگی در کشت مخلوط، درصد پروتئین خام کل نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین درصد پروتئین خام کل به تیمارهای 75 درصد نخودفرنگی با تراکم 300 بوته در مترمربع+ 25 درصد جو تعلق داشت. همچنین با افزایش تراکم نخودفرنگی، میزان دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF) علوفه کاهش معنی‌داری پیدا کرد. بیشترین نسبت برابری زمین به‌ترتیب در الگوهای 25 درصد جو+ 75 درصد نخودفرنگی و 50 درصد جو+ 50 درصد نخودفرنگی در تراکم 100 بوته در مترمربع نخودفرنگی به‌دست آمد. به‌طورکلی، کشت مخلوط جو با نخودفرنگی در تراکم‌های پایین آن با تولید علوفه مناسب از لحاظ کمی و کیفی می‌تواند جایگزین مناسبی برای آیش در شرایط دیم کشور باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین خام، تراکم، دیواره سلولی، خاکستر، عملکرد

مقدمه

فضای خالی آیش با سطح 4/2 میلیون هکتار، ظرفیت‌های جدیدی را برای تولید اقتصادی علوفه و کود سبز در دیم‌زارهای کشور فراهم می‌نماید (FAO, 2013; Lameie-Harvani, 2013). تک کشتی جو در مناطق خشک و نیمه‌خشک هر چند دارای عملکرد بالایی بوده و در تأمین نیازهای غذایی نقش مهمی ایفاء می‌کند، ولی این سیستم نه تنها به انرژی بالایی نیاز دارد، بلکه از نظر بوم‌شناختی و زیست‌محیطی به‌دلیل بروز مشکلاتی از جمله آلودگی آب‌های زیرزمینی، افزایش آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و کاهش تنوع زیستی، روشی پایدار محسوب نمی‌شود (Kassam & Brammer, 2013). کشت لگوم‌های یکساله از جمله نخودفرنگی (*Pisum*

---

1 و 2– به‌ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری اگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه
3- دانشیار گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i2.65105

sativum L.)، در سال‌های آیش در دیم‌زارها علاوه بر کنترل فرسایش و حفاظت خاک و آب، تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش مواد آلی خاک، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، کنترل علف‌های هرز و جبران بخشی از کمبود علوفه، استفاده از کود سبز حاصله از این گیاهان ضمن کاهش تقاضا برای مصرف کودهای شیمیایی در افزایش بهره‌وری محصولات و گیاهانی که متعاقب آن کشت می‌گردد، مؤثر می‌باشد (Chapagain & Riseman, 2014; Lameie-Harvani, 2013). همچنین با توجه به این‌که بالاترین میزان آبشویی نیترات طی پاییز و زمستان رخ می‌دهد، کاشت نخودفرنگی که دارای تحمل نسبتاً مناسبی به سرما است، می‌تواند مانع از تلفات نیتروژن شده و از این طریق علاوه بر حفظ محیط زیست و جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی، موجب کاهش هزینه‌های تولید نیز گردد. از طرف دیگر برای تحقق ثبات و پایداری در سیستم‌های کشاورزی، فعالیت‌های زراعی باید بر اساس اصول بوم‌شناختی صورت پذیرد.

کشت مخلوط، که به صورت کشت همزمان دو یا تعداد بیشتری از گیاهان زراعی در یک قطعه زمین در یک فصل زراعی تعریف می‌شود، نمونه‌ای از نظام‌های پایدار کشاورزی است که اهدافی نظیر ایجاد تعادل بوم‌شناختی، بهره‌برداری بیشتر از منابع تولید و افزایش کمیت و کیفیت تولید را دنبال می‌کند (Stolts & Nadeau, 2014; Nabati Nasaz et al., 2016). با توجه به این‌که استفاده از گیاهان خانواده غلات به‌عنوان علوفه در حال گسترش بوده ولی ارزش غذایی این گیاهان نسبت به بقولات به‌دلیل پایین‌بودن پروتئین خام آن‌ها می‌باشد (Ghanbari-Bonjar, 2000). لذا کشت مخلوط غلات-بقولات ترکیب مناسبی است؛ زیرا در این ترکیب، ضمن بالا بودن عملکرد، کیفیت علوفه نیز افزایش می‌یابد. از طرفی، لگوم‌ها به‌دلیل داشتن پروتئین و مواد معدنی بیشتر، می‌توانند در کشت مخلوط با غلات، کمبود پروتئین آن‌ها را جبران کنند (Eskandari & Ghanbari, 2009; Nakhzari Moghaddam, 2016). صادق پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) تولید محصول با کمیت و کیفیت مناسب را به‌عنوان یک چالش در مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی می‌کنند و بر این اساس معتقدند که کشت مخلوط بقولات-غلات می‌تواند گزینه‌ای مناسب و مفید برای اصلاح عملکرد علوفه و افزایش میزان پروتئین در تولید زراعی باشد. در سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که آب مهمترین فاکتور محدودکننده تولید محسوب می‌شود، استفاده از کشت مخلوط درهم به شرط سازگاری می‌تواند در سودبخشی و پایداری سیستم‌های تولید نقش بسزایی داشته باشد (Daneshnia et al., 2016; Rezaei-Chiyaneh and Gholinezhad, 2015). در این زمینه گزارش شده است که کشت مخلوط جو و یونجه یکساله (*Medicago sativa* L.) باعث بهبود کیفیت علوفه شده و در نتیجه می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای کشت مداوم جو به‌کار رود (Sadeghpour et al., 2013). دانش‌نیا و همکاران (Daneshnia et al., 2016) مشاهده کردند در شرایط کم‌آبیاری شدید، درصد پروتئین خام و غلظت کربوهیدارت‌های محلول در آب علوفه در کشت مخلوط 100 درصد شبدر برسیم (*Trifolium resupinatum* L.)+50 درصد ریحان (*Ocimum basilicum* L.) افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار آبیاری کامل پیدا کردند. بهبود کیفیت علوفه از طریق افزایش قابلیت هضم علوفه به‌عنوان یکی از مزایای کشت مخلوط جو و ماشک گزارش شده است (Bingol et al., 2007). در کشت مخلوط یولاف (*Avena sativa* L.) و ماشک (*Vicia sativa* L.) نیز گزارش شده است که هر چه درصد ماشک در کشت مخلوط افزایش پیدا کند کیفیت علوفه بر حسب پروتئین خام و دیواره سلولی (NDF)[1] بهبود می‌یابد (Lithourgidis et al., 2006). همچنین لامعی هروانی (Lameie-Harvani, 2013) در کشت مخلوط بقولات یکساله و جو در شرایط دیم اظهار داشت که بیشترین کیفیت علوفه بر اساس پروتئین خام، از کشت مخلوط بدست می‌آید. شکورزاده و همکاران (Shakour Zadeh et al., 2012)، تیمار 50 درصد ماشک+ 50 درصد جو با تراکم 200 بوته در مترمربع را با بیشترین نسبت برابری زمین (1/2) و بالاترین میزان تولید علوفه خشک (9/52 تن در هکتار) به‌عنوان برترین تیمار در منطقه لرستان توصیه نمودند. نتایج مطالعه دو ساله کوردالی و همکاران (Kurdali et al., 1996) روی کشت مخلوط جو و ماشک علوفه‌ای دیم در شرایط آب و هوایی سوریه نشان داد که نسبت برابری زمینبرای تمام الگوها بالاتر از یک بود. این محققان دلیل این امر را به اثرات مثبت ناشی از همیاری این دو گونه نسبت دادند. حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2010) گزارش نمودند که بالاترین عملکرد علوفه خشک، نسبت برابری زمین بیش از یک و بالاترین کیفیت علوفه در ترکیب 50 درصد ماشک+ 50 درصد جو مشاهده شد.

1 - Neutral detergent fiber (NDF)

از حدود 6/3 میلیون هکتار دیم‌زارهای کشور، حدود 95000 هکتار آن زیر کشت گیاهان علوفه‌ای است که کمتر از دو درصد سطح دیم‌زارها می‌باشد. کل علوفه تولید شده در کشور (مجموع دیم و آبی) حدود 15 میلیون تن گزارش شده است که فقط 780 هزار تن آن در اراضی دیم تولید می‌شود (FAO, 2013). با توجه به وسعت اراضی دیم در کشور و لزوم وجود محصولی جدید در تناوب زراعی دیم‌زارها، گیاهان علوفه‌ای خانواده بقولات می‌توانند در تولید علوفه مورد نیاز کشور، کاهش فرسایش خاک، بهبود بافت خاک، کاهش استفاده از سموم، بهره‌برداری از مناطق کم‌بازده و نیز سوق دادن کشاورزی دیم کشور به سمت یک کشاورزی پایدار نقش اساسی داشته باشند (Shakour Zadeh et al., 2012).

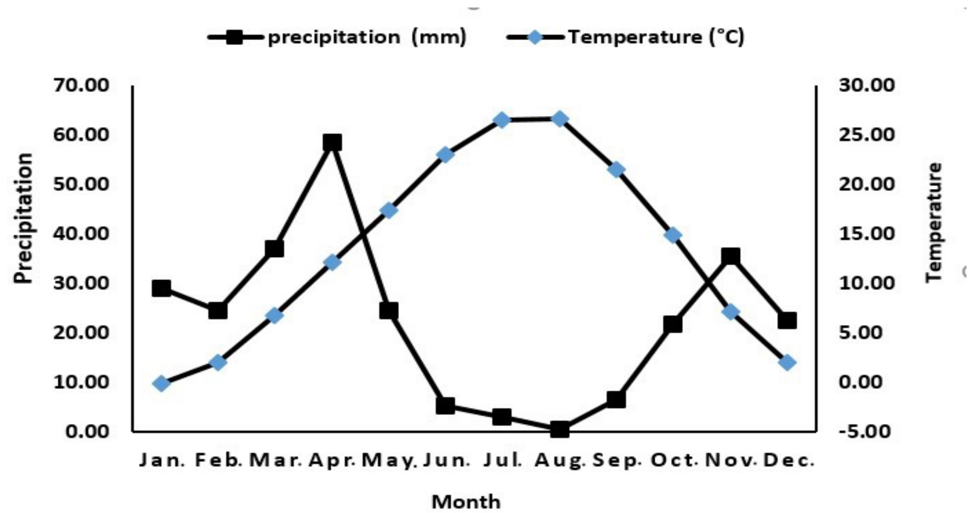
اگر چه سیستم کشت مخلوط جو- نخودفرنگی یک سیستم جدید کشت مخلوط نمی‌باشد، اما تحقیقات گذشته بیشتر بر مفاهیم کلی تولید از جمله کنترل علف‌های هرز، رقابت، مشکلات آفات و بیماری‌ها و تولید دانه در شرایط طبیعی تأکید داشته و کیفیت علوفه کشت مخلوط در تراکم‌های مختلف نخودفرنگی به‌صورت دیم کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. بر همین اساس، این پژوهش با هدف بررسی کیفیت و کمیت علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و نخودفرنگی در شرایط دیم مراغه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی 95-1394 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با طول جغرافیایی 46 درجه و 16 دقیقه شرقی و عرض 37 درجه و 23 دقیقه شمالی با ارتفاع 1485 متر از سطح دریا اجرا شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول 1 و نوسات بارندگی و دما در طول فصل آزمایش در شکل 1 آمده است.

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.
Table 1- Some physical and chemical properties of soil of experimental place.

بافت Texture	نیتروژن کل N (%)	فسفر قابل جذب Phosphurus (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب Potassium (mg.kg^{-1})	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m^{-1})	ماده آلی Organic matter (%)
لومی Loam	0.09	8.6	352	7.4	0.69	0.98



شکل 1- نوسانات بارندگی (میلی‌متر) و دما (درجه سانتی‌گراد) در طول فصل زراعی محل انجام آزمایش
Fig. 1- Fluctuation in precipitation (mm) and temperature (ºC) during growth season in experimental site

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تراکم‌های مختلف کاشت نخودفرنگی شامل 100، 150، 200، 250 و 300 بوته در مترمربع به‌عنوان فاکتور اول و الگوهای کاشت شامل کشت مخلوط جو و نخودفرنگی بر اساس نسبت جایگزینی (75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی، 50 درصد جو+50 درصد نخودفرنگی و 25 درصد جو+ 75 درصد نخودفرنگی) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. فاصله بین کرت‌های مجاور در یک بلوک و فاصله بین بلوک‌ها به ترتیب 0/5 و 2 متر در نظر گرفته شد. بذور نخودفرنگی با نام تجاری گرین‌آرو و جو رقم آبیدر از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان تهیه شد. قبل از کاشت، به‌منظور پیشگیری از بیماری‌های قارچی، بذرها با سم بنومیل (با فرمول شیمیایی $C_{13}H_7N_4O_3$) به میزان دو در هزار ضدعفونی شدند. قبل از کاشت 80 کیلوگرم در هکتار نیتروژن و 40 کیلوگرم در هکتار فسفر به خاک اضافه شد. در این آزمایش هر کرت شامل هشت خط کاشت به طول شش متر بود. همچنین فواصل بین خطوط کاشت و عمق کاشت به‌ترتیب 20 و پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت در تاریخ 15 مهرماه صورت گرفت. با احتساب میانگین وزن صد دانه و درصد قوه نامیه نخود فرنگی (9/95 گرم و 96 درصد) و جو (4/05 گرم و 98 درصد)، مقدار بذر مصرفی در کشت خالص این گیاهان به ترتیب 259 و 180 کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به تفاوت تراکم بهینه جو و نخودفرنگی در واحد سطح، واحد گیاهی محاسبه گردید. به‌عنوان مثال در کلیه تیمارهای مخلوط 50 درصد جو و 50 درصد نخودفرنگی (با تراکم 250 بوته در مترمربع)، 175 بوته جو با 125 بوته نخودفرنگی در هر مترمربع کشت شدند. بنابراین واحد گیاهی در کشت مخلوط برابر با یک گیاه نخودفرنگی و 1/4 گیاه جو بود. مقادیر بذر مصرفی نخودفرنگی و جو در این نسبت کشت به ترتیب 129 و 90 کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. به همین ترتیب برای تیمار 25 درصد جو+ 75 درصد نخودفرنگی با تراکم 250 بوته در مترمربع، 88 بوته جو با 188 بوته نخودفرنگی در هر مترمربع کشت شد. در تیمار 75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی با تراکم 250 بوته در مترمربع، 263 بوته جو با 63 بوته نخودفرنگی کشت شد. در تراکم 100 بوته نخودفرنگی و با نسبت‌های 50 درصد جو+ 50 درصد نخود فرنگی، 75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی، 25 درصد جو+ 75 درصد نخودفرنگی به‌ترتیب 175 بوته جو+ 50 بوته نخودفرنگی، 263 بوته جو + 25 بوته نخودفرنگی، 88 بوته جو+ 75 بوته نخودفرنگی کشت شد. برای سایر تیمارها نیز بر اساس تراکم مطلوب هر کدام از گیاهان و نسبت کشت میزان بذر مورد نیاز تعیین شد.

برداشت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای در سطح 3/2 مترمربع از چهار ردیف میانی هر کرت در 20 اردیبهشت ماه انجام گرفت. در این زمان، نخودفرنگی و جو به‌ترتیب در مراحل پر شدن و خمیری شدن دانه بودند. پس از تفکیک، علوفه برداشت شده در هوای آزاد به اندازه‌ای خشک شد که وزن آن در چند توزین متوالی ثابت شده و مقادیر ثبت شده به‌عنوان عملکرد خشک علوفه در نظر گرفته شدند. نمونه‌های خشک شده آسیاب شده جهت تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور منتقل شدند.

صفات مورد مطالعه در این آزمایش شامل عملکرد کل ماده خشک، درصد و عملکرد پروتئین خام، NDF و ADF بود. صفات کیفی علوفه با استفاده از روش طیف سنجی مادون قرمز نزدیک (NIR) براساس روش ارائه شده توسط جعفری و همکاران (Jafari et al., 2003) و با استفاده از دستگاه Perten مدل Inframatic 8620 ساخت کشور سوئد اندازه‌گیری شد. میزان پروتئین خام با ضرب محتوای کل نیتروژن بافت‌ها در ضریب 6/25 محاسبه گردید (AOAC, 1990). با ضرب مقادیر عملکرد ماده خشک در درصد پروتئین خام، عملکرد پروتئین خام برای هرکدام از تیمارها محاسبه شد.

برای ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER)[1] و نسبت برابری زمین استاندارد (LER_s)[2] استفاده شد. نسبت برابری زمین معمولی براساس سطح زیر کشت محاسبه می‌گردد و مشخص می‌کند که برای به دست آوردن محصول حاصل از یک هکتار کشت مخلوط، چه مقدار زمین به صورت تک کشتی نیاز است تا همان مقدار محصول حاصل شود (Willey, 1979). اگر LER کوچکتر از یک باشد کشت خالص بر کشت مخلوط برتری داشته و اگر LER بزرگتر از یک باشد کشت مخلوط سودمندی بیشتری نسبت به کشت خالص دارد. برای محاسبه این شاخص از روابط زیر استفاده شد (Amani Machiani et al., 2018).

1 - Land Equvalent Ratio
2 - Standard Land Equvalent Ratio

معادله 1 $LER = (Y_{bp} / Y_{bb}) + (Y_{pb} / Y_{pp})$

معادله 2 $LER_s = (Y_{bp} / Y_{bb\ Max.}) + (Y_{pb}/Y_{pp\ Max.})$

در این رابطه، LER: نسبت برابری زمین معمولی، LER_s: نسبت برابری زمین استاندارد، Y_{bp}: عملکرد علوفه خشک جو در کشت مخلوط، Y_{bb}: عملکرد علوفه جو در کشت خالص، Y_{pb}: عملکرد علوفه خشک نخودفرنگی در کشت مخلوط، $Y_{bb\ Max.}$: حداکثر عملکرد علوفه نخود در کشت خالص و $Y_{pp\ Max.}$: حداکثر عملکرد علوفه نخودفرنگی در کشت خالص می‌باشد.

در نهایت، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها توسط نرم افزار EXCEL صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد کل علوفه خشک

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که عملکرد کل علوفه تحت تأثیر معنی‌دار الگوهای کاشت و تراکم کشت نخود فرنگی قرار گرفت. بالاترین عملکرد کل به نسبت 75 درصد جو+ 25 درصد نخود فرنگی و بعد از آن به نسبت 50 درصد جو+ 50 درصد نخود فرنگی تعلق داشت (شکل 2). کمترین میزان عملکرد کل نیز به نسبت 25 درصد جو + 75 درصد نخود فرنگی مربوط بود. همچنین افزایش عملکرد کل موقعی است که نخود فرنگی در تراکم 100 بوته در مترمربع بدون تفاوت معنی‌دار با تراکم 150 بوته در مترمربع کشت شود و کمترین میزان عملکرد کل در تراکم 300 بوته نخود در مترمربع حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با تراکم‌های 250 و 200 بوته در مترمربع نداشت (شکل 3). علاوه بر این، نتایج نشان داد که با افزایش سهم جو در کشت مخلوط میزان عملکرد کل علوفه افزایش یافت. به‌طوری‌که میزان عملکرد علوفه کل در الگوی 75 درصد جو+ 25 درصد نخود فرنگی نسبت به الگوی 25 درصد جو+ 75 درصد نخود فرنگی 51/33 درصد افزایش یافت. شکل 3 تأییدکننده این مطلب می‌باشد. به نظر می‌رسد جو با ارتفاع بلندتر خود تشعشات ورودی به کانوپی سیستم کشت مخلوط را جذب نموده و از طرف دیگر، نخود فرنگی با پوشش بیشتر سطح زمین، تشعشعاتی که توسط جو قابل استفاده نبوده را جذب کرده و بدین طریق کارآیی استفاده از نور و به تبع آن عملکرد در کشت مخلوط بهبود یافته است (Nassiri Mahallati et al., 2015). از طرف دیگر، گیاه جو با ریشه‌های سطحی و افشان در مجاورت گیاهان علوفه‌ای که دارای ریشه‌های عمیق می‌باشند باعث می‌شود ریشه گیاهان در سطوح مختلف خاک پراکنده شده و در مجموع آب و مواد غذایی بیشتری از حجم معینی از خاک جذب گردد که منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (Lameie-Harvani, 2013). همچنین از آنجایی که اجزای کشت مخلوط در مصرف منابع محیطی به طور مکمل عمل می‌کنند. بنابراین رقابت برون‌گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای بوده و به‌تبع آن استفاده از منابع محیطی در کشت مخلوط بیشتر می‌باشد که این امر باعث تولید بیشتر علوفه و افزایش نسبت برابری زمین (جدول 3) در الگوهای مختلف کشت مخلوط شد. در آزمایش نیلسن و همکاران (Hauggaard-Nielsen et al., 2009) برتری 31-17 درصدی عملکرد کشت مخلوط به اصل تولید رقابتی و مساعدتی نسبت داده شد.

خاکستر علوفه

خاکستر علوفه بیانگر مقدار موادمعدنی موجود در بافت‌های گیاهی است و این عناصر به لحاظ اینکه در متابولیسم دام نقش دارند، برای فعالیت سلول‌های بدن لازم هستند (Hail et al., 2009). نتایج تجزیه واریانس بیانگر اختلاف معنی‌دار بین الگوهای کشت و تراکم‌های مختلف نخود فرنگی از لحاظ خاکستر علوفه است (جدول 2). شکل 4 نشان می‌دهد با افزایش سهم جو خاکستر علوفه کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در تیمار 75 درصد جو+ 25 درصد نخود، میزان خاکستر علوفه نسبت به تیمارهای 75 درصد نخودفرنگی+ 25 درصد جو و 50 درصد جو+ 50 درصد نخودفرنگی به‌ترتیب 23/85 و 17/38 درصد کاهش یافت.

همچنین با افزایش تراکم کشت نخودفرنگی، خاکستر علوفه روند افزایشی پیدا کرد؛ به‌طوری که میزان خاکستر در تراکم‌های 300 و 250 بوته نخودفرنگی نسبت به تراکم 100 بوته 44/89 درصد افزایش یافت (شکل 5). استولز و نادیاو (Stoltz & Nadeau, 2014) نتیجه گرفتند که میزان خاکستر علوفه حاصل از کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)- باقلا (*Vicia faba* L.) نسبت به کشت خالص ذرت 20/18 درصد افزایش نشان داد.

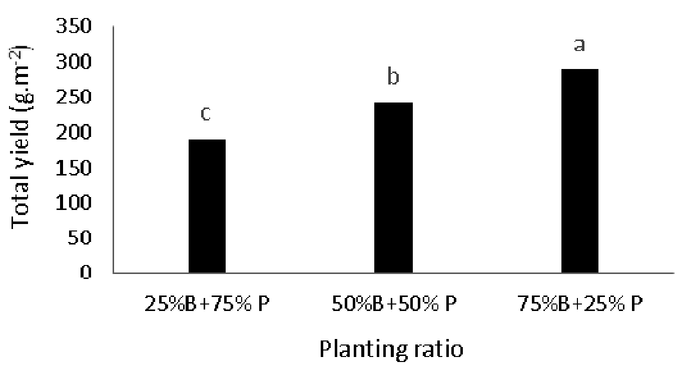
جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد علوفه خشک کل، خاکستر، درصد و عملکرد پروتئین خام، دیواره سلولی و دیواره سلولی بدون همی‌سلولز جو و نخودفرنگی

Table 4- Analysis of variance (mean squares) of total dry forage yield, ash, crude protein content and yield, NDF and ADF of barley and pea

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد علوفه خشک کل Total dry forage yield	خاکستر Ash	پروتئین خام علوفه Forage crude protein	عملکرد پروتئین خام Crude protein yield	دیواره سلولی NDF	دیواره سلولی بدون همی‌سلولز ADF
تکرار Replication	2	11381.3**	70.4*	483.9**	61090.1ns	17177.2**	9530.7**
نسبت کاشت Planting ratio	2	36395.1**	1827.04**	396.7**	990907.1**	22630.5**	12418.4**
تراکم کاشت Planting density	4	6793.9**	1926.2**	913.8**	25743.8ns	14158.4**	8301.5**
نسبت کاشت× تراکم کشت ratio ×Planting Planting density	8	342.1ns	25.3ns	91.5**	62459.5ns	516.8ns	150.5ns
اشتباه آزمایشی Error	28	804.5	14.3	17.9	73829.4	567.7	283.04
ضریب تغییرات CV (%)		11.6	4.6	5.6	15.3	4.8	5.6

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک، پنج درصد و غیر معنی‌دار

**, * and ns: significant at 5 and 1% probability levels and Non-significant, respectively



شکل 2- عملکرد کل علوفه خشک در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و نخودفرنگی

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن است. (P: نخودفرنگی، B: جو)

Fig. 2- Total dry forage yield in different intercropping patterns of barley and pea

Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan's test. (P: Field pea, B: Barley)

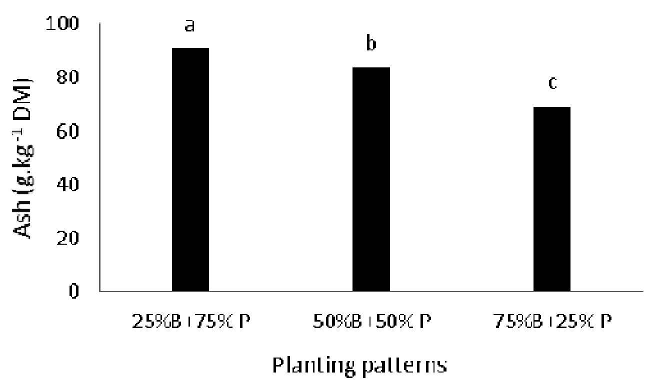


شکل 3- عملکرد کل علوفه خشک در تراکم‌های مختلف کشت نخودفرنگی

(حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن است. (D_1، D_2، D_3، D_4 و D_5 به‌ترتیب تراکم‌های 100، ۱۵۰، ۲۰۰، 250 و 300 بوته در مترمربع نخودفرنگی می‌باشد)

Fig. 3- Total dry forage yield in different planting densities of pea

Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan's test. (D_1, D_2, D_3, D_4 and D_5 were 100, 150, 200, 250 and 300 field pea densities per m^{-2})



شکل 4- خاکستر علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و نخودفرنگی

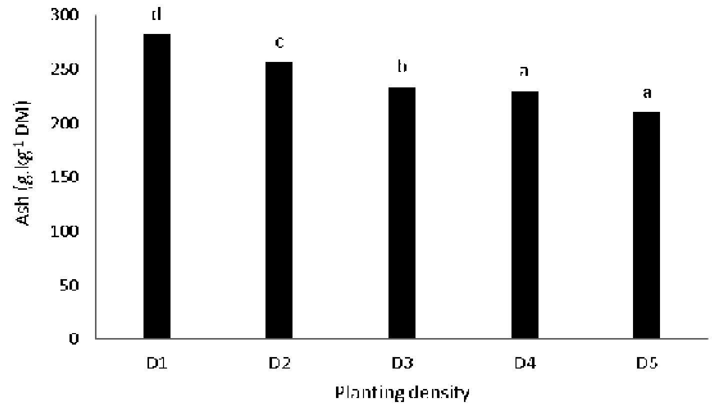
حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است. (P: نخودفرنگی، B: جو)

Fig. 4- Forage ash in different intercropping patterns of barley and pea

Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan's test. (P: Pea, B: Barley)

دانش‌نیا و همکاران (Daneshnia et al., 2016) نتیجه گرفتند که میزان خاکستر علوفه در کشت مخلوط 100 درصد شبدر برسیم+ 50 درصد ریحان و در شرایط کم‌آبیاری شدید، 9/62 درصد نسبت به کشت خالص شبدر افزایش یافت. آینال و همکاران (Inal et al., 2007) نتیجه گرفتند که کشت مخلوط موجب بهبود غلظت پتاسیم در ساقه گیاهان ذرت و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) می‌شود و غلظت آهن و روی را نیز تا 2/5 برابر در بادام زمینی (به‌احتمال زیاد به‌دلیل اثرات متقابل ریزوسفر بین دو گیاه) افزایش می‌دهد. همچنین نتایج مطالعات آینال و همکاران (Inal et al., 2007) نشان داد که بهبود محیط ریزوسفر ریشه‌های ذرت و بادام‌زمینی در نتیجه فعالیت فریک ردوکتاز (FR)[1] ریشه بادام زمینی و آزاد شدن فیتوسیدروفورها از ریشه ذرت به بهبود قابلیت دسترسی آهن، فسفر، پتاسیم، روی و منگنز منجر می‌شود. همچنین افزایش جذب فسفر در کشت مخلوط به فعالیت اسید فسفاتاز ریشه و خاک نسبت داده شده است و همه این موارد در نهایت به افزایش خاکستر تولیدی در کشت مخلوط منجر می‌شود.

1 - Ferric reductase



شکل 5- خاکستر علوفه در تراکم‌های مختلف کشت نخود فرنگی با جو

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است. (D_1، D_2، D_3، D_4 و D_5 به‌ترتیب تراکم‌های 100، ۱۵۰، ۲۰۰، 250 و 300 بوته در مترمربع نخودفرنگی می‌باشد)

Fig. 5- Ash content in different planting density of forage pea with barley

Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan's test. (D_1, D_2, D_3, D_4 and D_5 were 100, 150, 200, 250 and 300 pea densities per m^{-2})

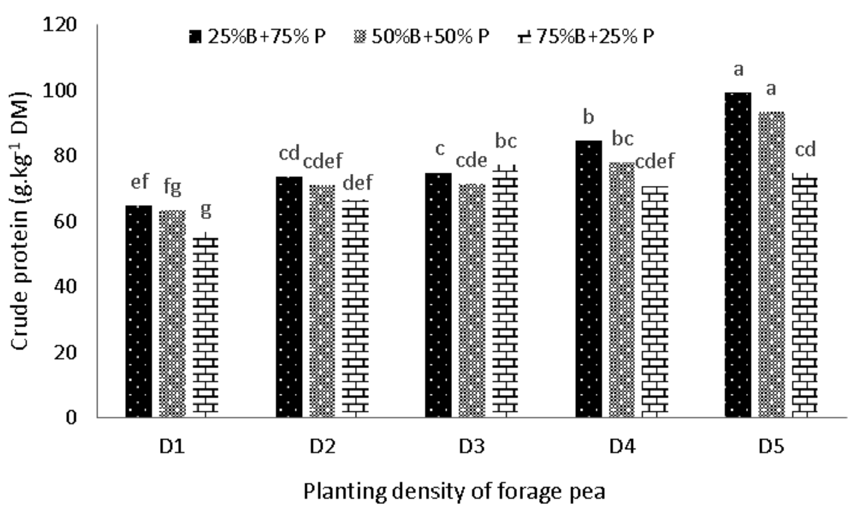
پروتئین خام و عملکرد پروتئین خام علوفه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت، تراکم کشت نخود فرنگی و ترکیب تیماری الگوی کشت و تراکم کشت نخودفرنگی از لحاظ درصد پروتئین خام علوفه است (جدول 2). بیشترین میزان پروتئین خام به الگوهای کشت 25 درصد جو+ 75 درصد نخود با تراکم 300 بوته در مترمربع و 50 درصد جو+ 50 درصد نخود با تراکم 300 بوته در مترمربع تعلق داشت. همچنین کمترین میزان پروتئین خام نیز در الگوی کشت 75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی با تراکم 100 بوته در مترمربع مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با 50 درصد جو+ 50 درصد نخودفرنگی با تراکم 100 بوته در مترمربع نداشت (شکل 6). علاوه بر این، نتایج نشان با افزایش سهم نخودفرنگی در کشت مخلوط درصد پروتئین خام افزایش یافت. به‌طوری‌که درصد پروتئین خام علوفه در الگوی 25 درصد جو+ 75 درصد نخود با تراکم 300 بوته در متر مربع نسبت به الگوی 75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی با تراکم 100 بوته در مترمربع 75/13 درصد افزایش نشان داد. دلیل آن را می‌توان به بالا بودن درصد پروتئین خام نخودفرنگی و کمتر بودن درصد فیبر آن در مقایسه با علوفه جو نسبت داد (Strydhorst et al., 2008). همچنین افزایش تثبیت نیتروژن توسط نخود در کشت مخلوط و انتقال آن به جو می‌تواند دلیل افزایش میزان نیتروژن بافت‌های جو و در نتیجه افزایش پروتئین خام علوفه باشد (Chapagain & Riseman, 2014; He et al., 2009). همچنین آرمسترانگ و آلبریچت (Armstrong & Albrecht, 2008) گزارش کردند که همبستگی خطی و مثبتی بین غلظت پروتئین خام و نسبت لگوم‌ها وجود دارد. افزایش پروتئین خام علوفه حاصل از کشت مخلوط ذرت با باقلا نسبت به کشت خالص ذرت 41/12 درصد بود (Stoltz & Nadeau, 2014). نقی‌زاده و گلوی (Naghizadeh & Galavi, 2013) نیز دریافتند که با کاهش نسبت ذرت و افزایش نسبت خلر، عملکرد کیفی علوفه از طریق افزایش میزان پروتئین خام افزایش می‌یابد. داوو و همکاران (Dawo et al. 2007) و کانتریراس گوویا (Contereras-Govea et al., 2009) نتایج مشابهی را گزارش کردند. بورجی و همکاران (Borghi et al., 2013) بیان کردند با انجام کشت مخلوط غلات- بقولات میزان افرایش غلظت پروتئین خام علوفه 7 درصد بیشتر از میزان حداقل لازم جهت حفظ جمعیت میکروارگانیسم‌ها در شکمبه نشخوارکنندگان بود. هاوگاردنیلسن و همکاران (Hauggaard-Nielsen et al., 2001) گزارش کردند که میزان غلظت نیتروژن در اندام‌های هوایی کشت مخلوط نخودفرنگی و جو در حدود 3 برابر میزان تجمع نیتروژن در کشت خالص جو بود و افزایش تجمع نیتروژن به افزایش درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین منجر می‌گردد.

عملکرد پروتئین خام علوفه نیز تحت تأثیر معنی‌دار الگوهای مختلف کشت واقع شد (جدول 2). بیشترین عملکرد پروتئین خام به تیمار 75 درصد جو+ 25 درصد نخود بدون تفاوت معنی‌دار با 50 درصد جو+ 50 درصد نخود و کمترین میزان هم به تیمار 25 درصد جو+ 75 درصد نخود تعلق داشت. میانگین افزایش عملکرد پروتئین خام علوفه در تیمارهای 75 درصد جو+ 25 درصد نخودفرنگی و 50 درصد جو+ 50 درصد نخودفرنگی نسبت به تیمار 25 درصد جو+ 75 درصد نخود 28/77 درصد بود (شکل 7). بنابراین می‌توان بیان کرد که اگرچه با کشت مخلوط بقولات با غلات احتمال کاهش عملکرد ماده خشک کل نسبت به کشت خالص غلات وجود دارد، ولی به‌دلیل افزایش عملکرد پروتئین خام کل علوفه، ارزش تغذیه‌ای آن افزایش می‌یابد (Stoltz & Nadeau, 2014; Sadeghpour et al., 2013). اختلاف در عملکرد پروتئین خام گیاهان علوفه‌ای را می‌توان به تفاوت در عملکرد علوفه خشک و همچنین میزان غلظت نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی این گیاهان نسبت داد. پایین بودن محتوی نیتروژن در اندام‌های هوایی جو در مقایسه با نخود و همچنین تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط نخودفرنگی می‌تواند دلیل این امر باشد. میانگین عملکرد پروتئین خام تیمارها بیانگر آن است که ارزش غذایی گیاهان مورد کشت در مخلوط از یک درجه اهمیت برخوردار نبود و بنابراین برای تولید علوفه با کیفیت و دسترسی به حداکثر عملکرد پروتئین خام کشت مخلوط بقولات علوفه‌ای با جو به کشت خالص جو و بقولات ترجیح داده می‌شود. چن و همکاران (Chen et al., 2004) اظهار داشتند که بقولات از نظر محتوی پروتئین و گندمیان از نظر مقدار کربوهیدارت‌ها غنی می‌باشند، به‌طوری‌که با کاهش نسبت جو و افزایش نسبت نخودفرنگی در نسبت‌های مخلوط، تا رسیدن به 100 درصد کشت نخودفرنگی، عملکرد کیفی علوفه از طریق افزایش میزان پروتئین بهبود یافت.

دیواره سلولی (NDF) و دیواره سلولی عاری از همی‌سلولز (ADF)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر تفاوت معنی‌دار بین الگوهای کشت مخلوط و تراکم کشت نخودفرنگی از لحاظ NDF و ADF علوفه است (جدول 2). بیشترین و کمترین میزان ADF و NDF به‌ترتیب در الگوهای کشت 75 درصد جو+ 25 درصد نخود و 25 درصد جو+ 75 درصد نخود مشاهده شد.

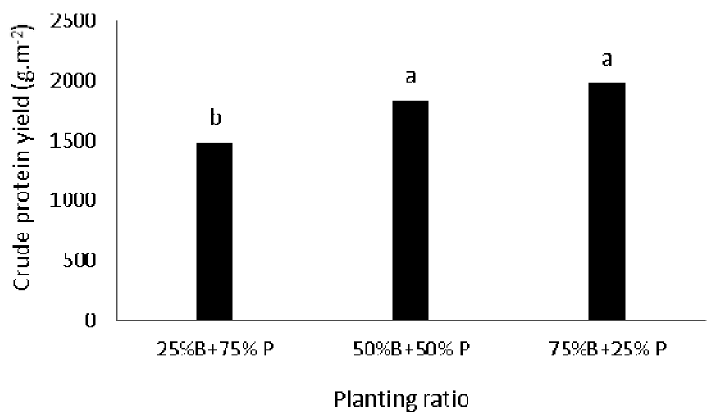


شکل 6- پروتئین علوفه در ترکیب تیماری الگوهای کشت مخلوط و تراکم کشت نخود فرنگی با جو

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن است. (D_1، D_2، D_3، D_4 و D_5 به‌ترتیب تراکم‌های 100، ۱۵۰، ۲۰۰، 250 و 300 بوته در مترمربع نخود فرنگی می‌باشد. P: نخودفرنگی، B: جو)

Fig. 6- Forage crude protein in treatment combination of intercropping patterns and field pea planting density with barley

Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan's test. (D_1, D_2, D_3, D_4 and D_5 were 100, 150, 200, 250 and 300 pea densities per m^{-2}. P: Pea, B: Barley)



شکل 7- عملکرد پروتئین خام علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و نخودفرنگی

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد براساس آزمون دانکن است. (P: نخودفرنگی، B: جو)

Fig. 7- Forage crude protein yield in different intercropping patterns barley and pea

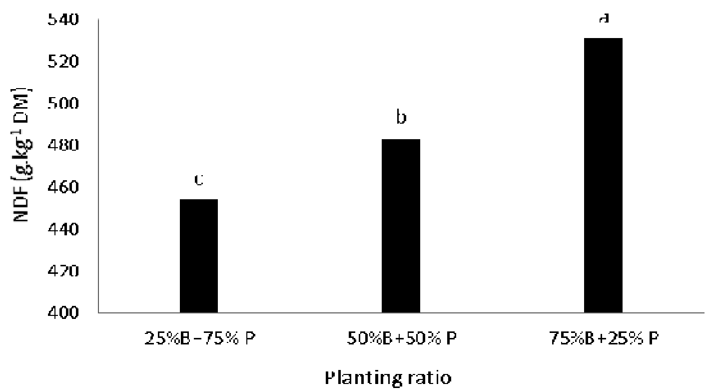
Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan's test. (P: Pea, B: Barley).

به‌عبارتی با افزایش نسبت نخـود در مخلـوط، میـزان NDF و ADF کاهش معنی‌داری پیدا می‌کنند، به‌طوری‌کـه میـزان NDF و ADF به‌ترتیب در تیمار 75 درصد نخود+ 25 درصد جو نسـبت بـه تیمار 25 درصـد نخـود+ 75 درصـد جـو، 14/48 و 17/11 کـاهش می‌یابند (شکل‌های 8 و 9). کاهش NDF و ADF در کشت مخلوط را به افزایش رقابت برون و درون‌گونه‌ای جهـت جـذب آب و مـواد غذایی و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته و به‌تبع آن کاهش نسبت ساقه به برگ نسبت داده می‌شود (Daneshnia et al., 2016). همچنین با افزایش تراکم کشت نخود غلظت دیواره سلولی و دیـواره سـلولی بدون همی‌سلولز کاهش معنـی‌داری یافـت (شـکل‌هـای 10 و 11). به‌طوری‌که میزان NDF در تراکم 300 بوته در مترمربع نخود نسبت به تراکم‌های 100 و 150 بوته، 20/06 درصد کاهش یافت و میزان ADF هم در تراکم‌های 300 و 250 بوته نخودفرنگـی نسـبت بـه تراکم‌های 100 و 150 بوته در مترمربع، 21/83 درصد کاهش یافت. بنابراین کشت مخلوط جو با تراکم‌های بالای نخودفرنگـی کیفیـت علوفه حاصل را براسـاس NDF و ADF بهبـود بخشـید. آیسـن و همکـاران (Aasen et al., 2004) دلیـل کـاهش NDF و ADF علوفه در کشت مخلوط با غلات را به افزایش نسبت بقولات نسبت دادند. الیاف نامحلول در شوینده‌های خنثی به‌عنوان شاخصی بـرای بیان میزان دیواره سلولی گیاه و نیز عامل مهمی برای تعیین میـزان تعلیف دام شناسایی شده است، به‌طوری‌که NDF و ADF بالا سبب کاهش تعلیف علوفه توسط دام به دلیـل غیرقابـل هضـم بـودن آن می‌شود (Stoltz & Nadeau, 2014). هایل و همکـاران (Hail et al., 2009) با بررسی روی کشت مخلوط جو و لگوم‌هـای یکسـاله مشاهده کردند که کمترین میزان NDF مربوط بـه کشـت خـالص نخود بود. نتایج مشابه توسط رس و همکاران (Ross et al., 2004)، لایتورگایـدیس و دورداس (Lithourgidis & Dordas, 2010)، واسـیلاکوگلو و دهیمـا (Vasilakoglou & Dhima, 2008) و صادق‌پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) گـزارش شـده است.

نسبت برابری زمین معمولی و استاندارد

نسبت برابری زمین در اکثر الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط جو با نخودفرنگی نسبت به کشت خالص دو گیاه می‌باشد. همچنـین، بیشـترین میـزان نسـبت برابری زمین به‌ترتیب معادل 1/25 و 1/23 به تیمارهای 25 درصـد جو+ 75 درصد نخود فرنگـی و 50 درصـد جـو+ 50 درصـد نخـود فرنگی با تراکم 100 بوته در متر مربع نخود و کمترین میزان هم به تیمارهای 75 درصد جو+ 25 درصد نخود با تراکم‌های 200، 250 و 300 بوته در مترمربع و تیمار 50 درصد جو+ 50 درصد نخودفرنگی با تراکم 300 بوته در مترمربع تعلق داشـت (جـدول 3). ایـن بـدین مفهوم است که کشت مخلوط 25-23 درصـد کـارآیی بیشـتری در استفاده از زمین دارد و یا به‌عبارت دیگر کشت خـالص هـر یـک از گونه‌ها نیاز بـه 25-23 درصـد سـطح زیرکشـت اضـافی دارنـد تـا

عملکردی معادل یک هکتار کشت مخلـوط تولیـد کننـد. همچنـین نتایج نشان داد که نسبت برابری زمین جزیی نخودفرنگی با افزایش سهم آن در الگوهای مختلف کشت افزایش یافت، به‌طوری‌که میزان آن در الگوی 75 درصد نخود+ 25 درصد جـو در همـه تـراکم‌هـای نخود بیشتر از 0/5 بوده است. بنـابراین در الگـوی ذکـر شـده و بـا تراکم‌های 150، 200، 250 و 300 بوته در مترمربـع نخـودفرنگـی، سودمندی برای نخود بیشتر از جـو مـی‌باشـد (Chen et al., 2004). اگرچه بر اساس نسبت برابری زمین معمولی، کشت مخلوط از سودمندی برخوردار بود، ولی انتخاب الگوی مناسب کشت نیـز در این زمینه مؤثر می‌باشد. به‌طوری‌که براساس نسـبت برابـری زمـین استاندارد، بیشترین مقدار این شاخص به تیمار 75 درصد نخود+ 25 درصد جو با تراکم 300 بوته مربوط بود. علت برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به کشت خالص دو گیاه را می‌توان بـه اثـر مکملـی گیاهان در استفاده بهینه از منابعی نظیر نیتروژن و آب و به تبـع آن کـاهش تقاضـا بـرای نهـاده‌هـای خـارجی نسـبت داد (Stolts & Nadeau, 2014).

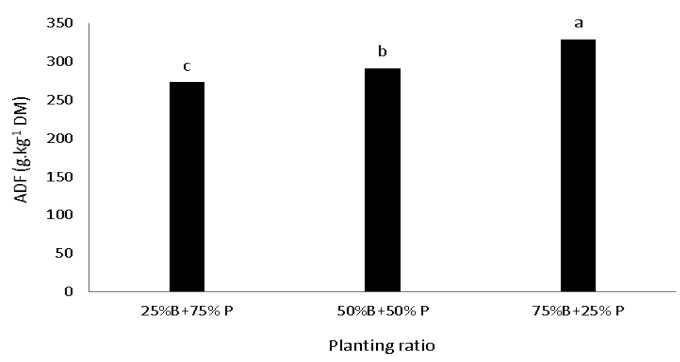


شکل 8- میانگین دیواره سلولی علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو با نخودفرنگی

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است. (P: نخودفرنگی، B: جو)

Fig. 8- Forage neutral detergent fiber (NDF) in different intercropping patterns of barley with pea

Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan’s test. (P: Pea, B: Barley)

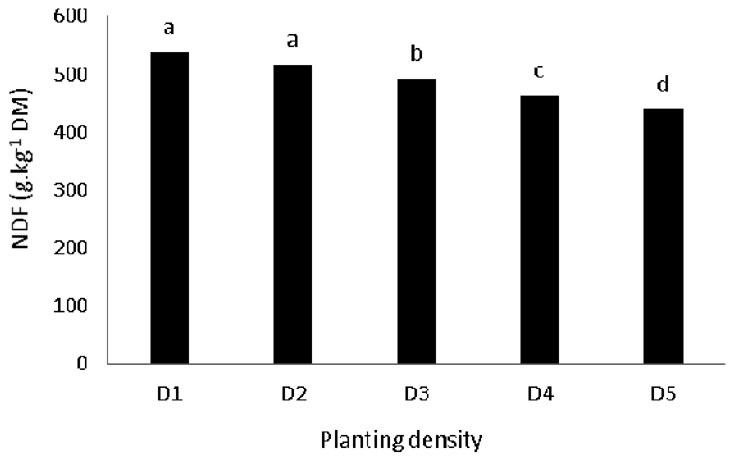


شکل 9- میانگین دیواره سلولی بدون همی‌سلولز علوفه در الگوهای مختلف کشت مخلوط جو و نخودفرنگی

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است. (P: نخودفرنگی، B: جو)

Fig. 9- Forage acid detergent fiber (ADF) in different intercropping patterns of barley and pea

Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan’s test. (P: Pea, B: Barley)

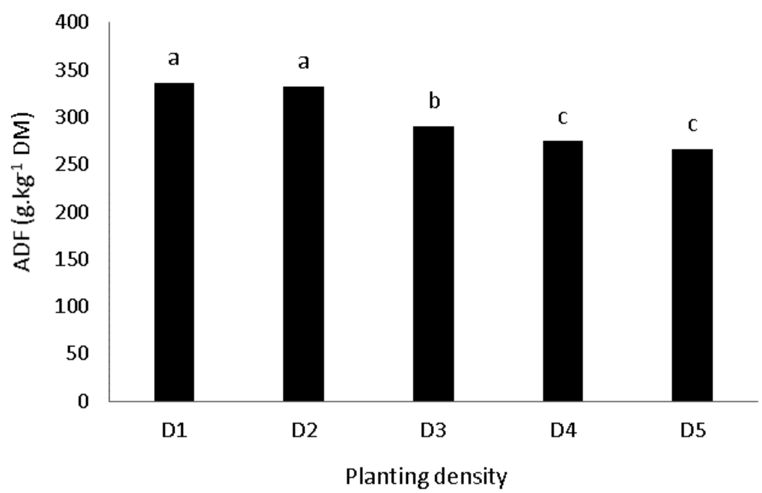


شکل 10- دیواره سلولی علوفه در تراکم‌های مختلف کشت نخودفرنگی با جو

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است. (D_1، D_2، D_3، D_4 و D_5 به‌ترتیب تراکم‌های 100، ۱۵۰، ۲۰۰، 250 و 300 بوته در مترمربع نخودفرنگی می‌باشد)

Fig. 10- Forage neutral detergent fiber (NDF) in different planting density of pea with barley

Different letters indicate significant differences at the 5% probability level according to Duncan's test. (D_1, D_2, D_3, D_4 and D_5 were 100, 150, 200, 250 and 300 pea densities per m^{-2})



شکل 11- دیواره سلولی بدون همی‌سلولز علوفه در تراکم‌های مختلف کشت نخودفرنگی با جو

حروف متفاوت نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد براساس آزمون دانکن است. (D_1، D_2، D_3، D_4 و D_5 به‌ترتیب تراکم‌های 100، ۱۵۰، ۲۰۰، 250 و 300 بوته در مترمربع نخودفرنگی می‌باشد)

Fig. 11- Forage acid detergent fiber (ADF) in different planting density of forage pea with barley

Different letters indicate significant differences at 5% probability level according to Duncan's test. (D_1, D_2, D_3, D_4 and D_5 were 100, 150, 200, 250 and 300 pea densities per m^{-2}).

اختلافات مورفولوژیک گراس و لگوم و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف و استفاده مکملی از منابع، بهره‌برداری بهتر از نور و یا افق‌های مختلف خاک می‌توانند دلیل LER بزرگتر از یک در الگوهای مختلف کشت مخلوط باشد. قنبری بنجار و لی (-Ghanbari Bonjar & Lee, 2002) ذکر کردند که افزایش LER در کشت مخلوط به بالاتر از یک به‌دلیل افزایش راندمان استفاده از منابع

محیطی و افزایش جذب نیتروژن است. رضایی‌چیانه و قلی نژاد (Rezaei-Chiyaneh & Gholinezhad, 2015) نتیجه گرفتند که نسبت برابری زمین در کلیه الگوهای مختلف کشت مخلوط نخود و سیاهدانه بیشتر از یک بدست آمد که دلیل آن را به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین آن‌ها و کمتر بودن علف‌های هرز در کشت مخلوط بیان کردند.

جدول 3- نسبت برابری زمین معمولی و استاندارد در الگوهای مختلف کشت مخلوط

Table 3- Land Equivalent Ratio (LER) and Standard land equvalent ratio (LERs) in different intercropping patterns

الگوی کشت مخلوط Intercropping pattern	تراکم کشت نخودفرنگی Planting density of pea	نسبت برابری زمین Land Equvalent Ratio			نسبت برابری زمین استاندارد Standard land equivalent ratio
		نخودفرنگی Pea	جو Barley	کل Total	
25 درصد جو+ 75 درصد نخود 25% barley+ 75% pea	100	0.74	0.51	1.25	0.92
50 درصد جو+ 50 درصد نخود 50% barley+ 50% pea		0.49	0.74	1.23	1.01
75 درصد جو+ 25 درصد نخود 75% barley+ 25% pea		0.25	0.93	1.18	1.07
25 درصد جو+ 75 درصد نخود 25% barley+ 75% pea	150	0.75	0.41	1.16	0.93
50 درصد جو+ 50 درصد نخود 50% barley+ 50% pea		0.49	0.66	1.15	1
75 درصد جو+ 25 درصد نخود 75% barley+ 25% pea		0.25	0.82	1.07	1
25 درصد جو+ 75 درصد نخود 25% barley+ 75% pea	200	0.75	0.36	1.11	0.95
50 درصد جو+ 50 درصد نخود 50% barley+ 50% pea		0.50	0.56	1.06	0.95
75 درصد جو+ 25 درصد نخود 75% barley+ 25% pea		0.24	0.74	0.99	0.94
25 درصد جو+ 75 درصد نخود 25% barley+ 75% pea	250	0.74	0.34	1.09	1.01
50 درصد جو+ 50 درصد نخود 50% barley+ 50% pea		0.50	0.56	1.06	1
75 درصد جو+ 25 درصد نخود 75% barley+ 25% pea		0.25	0.69	0.94	0.92
25 درصد جو+ 75 درصد نخود 25% barley+ 75% pea	300	0.75	0.36	1.11	1.11
50 درصد جو+ 50 درصد نخود 50% barley+ 50% pea		0.50	0.46	0.96	0.96
75 درصد جو+ 25 درصد نخود 75% barley+ 25% pea		0.25	0.63	0.88	0.88

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کمیت و کیفیت علوفه حاصل از کشت مخلوط جو با نخودفرنگی تحت تأثیر تراکم و الگوهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت. به‌طوری‌که با افزایش نسبت نخودفرنگی در کشت مخلوط، عملکرد علوفه کل کاهش معنی‌داری پیدا کرد. علاوه بر این، در بین تراکم‌های کشت نخودفرنگی، افزایش معنی‌دار عملکرد کل علوفه با تراکم 100 بوته در مترمربع نخودفرنگی حاصل شد وکمترین میزان عملکرد کل نیز با تراکم 300 بوته بدون تفاوت معنی‌دار با تراکم‌های 200 و 250 بوته در مترمربع نخود بدست آمد. نتایج حاصل از نسبت برابری زمین نیز تأیید کننده این مطلب می‌باشد که بیشترین نسبت برابری زمین در تراکم 100 بوته در مترمربع نخود

و در الگوهای 25 درصد جو+ 75 درصد نخودفرنگی و 50 درصد جو+ 50 درصد نخودفرنگی مشاهده شد. از لحاظ کیفی با افزایش سهم نخودفرنگی در کشت مخلوط، میزان خاکستر و پروتئین خام علوفه افزایش معنی‌داری پیدا کردند. همچنین با افزایش تراکم کشت نخودفرنگی میزان NDF و ADF علوفه کاهش معنی‌داری یافتند، که بیانگر افزایش کیفیت علوفه حاصل از مخلوط می‌باشد. بنابراین کشت مخلوط جو با نخودفرنگی در تراکم‌های پایین لگوم با تولید علوفه مناسب از لحاظ کمی و کیفی و افزایش حاصلخیزی خاک در نتیجه تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌تواند جایگزین مناسبی برای آیش در شرایط دیم کشور باشد.

منابع

Aasen, A., Baron, V.S., Clayton, G.W., Dick, A.C., and McCartney, D.H. 2004. Swath grazing potential of spring cereals, field pea and mixtures with other species. Canadian Journal of Plant Science 84 (4): 1051–1058.

Ahlawat, I.P.S., and Gangaiah, B. 2010. Effect of land configuration and irrigation on sole and linseed (*Linum usitatissimum*) intercropped chickpea (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Agricultural Science 80: 250–253.

Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R. and Maggi, F. 2018. Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. Industrial Crops and Products 111: 743-754.

AOAC, 1990. Official methods of analysis, 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. p. 771.

Armstong, K.L., and Albrecht, K. A. 2008. Effect of plant density on forage yield and quality of intercropped corn and lablab bean. Crop Science 48: 814-822.

Bingol, N.T., Karsli, M.A., Yilmaz, I.H., and Bolat, D. 2007. The effects of planting time and combination on the nutrient composition and digestible dry matter yield of four mixtures of vetch varieties intercropped with barley. Journal of Veteran Animals Science 31: 297–302.

Borghi, E., Crusciol, C.A.C., Nascente, A.S., Sousa, V.V., and Martins, P.O. 2013. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. European Journal of Agronomy 51: 130-139.

Carr, P.M., Horsley, R.D., and Poland, W.W. 2004. Barley, oat, and cereal–pea mixtures as dryland forages in the northern great plains. Agronomy Journal 96: 677–684.

Chapagain, T., and Riseman, A. 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18-25.

Chen, C., Westcott, M., Neill, K., Wickman, D., and Knox, M. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley- pea intercropping in Montana. Agronomy Journal 96: 1730-1738.

Contreras-Govea, F.E., Muck, R.E., Armstrong, K.L., and Abrecht, K.A. 2009. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. Animal Feed Science and Technology 150: 1-8.

Daneshnia, F., Amini, A., and Chaichi, M.R. 2016. Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited irrigation treatments with surfactant. Agricultural Water Management 164: 331–339.

Dawo, M.I., Wilkinson, J.M., Sanders, F.E.T., and Pilbeam, D.J. 2007. The yield and quality of fresh and ensiled plant material from intercropping maize (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). Journal of the Science of Food and Agriculture 87: 1391–1399.

Dhima, K. V., Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249–256.

Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2009. Intercropping of maize and cowpea as whole crop forage: Effect of different planting pattern on total dry matter production and maize forage quality. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj Napoca 37(2): 152-157.

FAO. 2013. Production Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations, http://www.fao.org.

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H. 2002. Intercropped field beans (*Vicia faba* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) for whole crop forage: Effect of nitrogen on forage yield and quality. Agricultural Science 38: 311-315.

Ghanbari-Bonjar, H. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean as a low-input forage. PhD Dissertation. Wye College. University of London.

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H. 2002. Intercropped field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: Effect of nitrogen on forage yield and quality. Agricultural Science 38: 311-315.

Habibi, S.D., Kashani, A., Paknejad, f., Jafari, H., Jami Al-Ahmadi, M., Tookalloo, M.R., and Lamei, J. 2010. Evaluation of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) in pure and Mixed cropping with Barley (*Hordeum vulgare* L.) to determine the Best combination of legume and cereal for forage production. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 5: 169-176.

Hail, Y., Daci, M., and Tan, M. 2009. Evaluation of Annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding. Yield and quality. Journal Animal Advance 8(7): 1337-1342.

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea–barley intercropping. Field Crops Research 70: 101–109.

Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., Von Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E.S. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N_2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Field Crops Research 113: 64–71.

He, X., Xu, M., Qiu, G.Y., and Zhou, J. 2009. Use of ^{15}N stable isotope to quantify nitrogen transfer between mycorrhizal plants. Journal of Plant Ecology 2: 107–118.

Inal, A., Gunes, A., F. Zhang, F., and Cakmak, I. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiology and Biochemistry 45: 350-356.

Jafari, A.V., Frolich, A.C., and Walsh, E.K. 2003. A note on estimation of quality in perennial rye grass by near in frared spectroscopy. Irish Journal of agriculture and Food Research 42: 293-299.

Jahanzad, E., Sadeghpour, A., Hashemi, M., and Zandvakili, O. 2011. Intercropping Millet with Soybean for Forage Yield and Quality. American Society of America, Northeastern Branch Chesapeake, MD, Abstract.

Kassam, A., and Brammer, H. 2013. Combining sustainable agricultural production with economic and environmental benefits. Geographical Journal 179: 11–18.

Kurdali, F., Sharabi, N.E., and Arslan, A. 1996. Rainfed veteh-barley mixed cropping in the Syrian semi-arid conditions. I. Nitrogen nutrition using ^{15}N isotopic dilution. Plant and Soil 183:137-148.

Lameie-Harvani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rain fed conditions of Zanjan province in Iran. Seed and Plant Production Journal 2 (29): 169-183. (In Persian with English Summary).

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima K.V., Dordas, C.A., and Yaikoulaki M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research 99: 106-113.

Lithourgidis, A.S., and Dordas, C.A. 2010. Forage yield, growth rate, and nitrogen uptake of faba bean intercrops with wheat, barley, and rye in three seeding ratios. Crop Science 50: 2148-2158.

Lithourgidis, A. S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287-294.

Mohsenabadi, G.R., Jahansooz, M.R., Chaichi, M.R., Rahimian Mashhadi, H., Liaghat, A.M., and Savaghebi, G.R. 2008. Evaluation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. Journal of Agricultural Science and Technology 10: 23–31.

Naghizadeh, M., and Galavi, M. 2012. Evaluation of phosphorous biofertilizer and chemical phosphorous influence on fodder quality of corn (*Zea mays* L.) and grass pea (*Lathyrus sativa* L.) intercropping. Journal of Agroecology 4(1): 52-62. (In Persian with English Summary)

Nakhzari Moghaddam, A. 2016. Effect of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. Journal of Agroecology 8(1): 47-58. (In Persian with English Summary)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2015. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 106: 343–350.

Nabati Nasaz, M., Gholipouri, A., and Mostafavi Rad, M. 2016. Evaluation of forage yield and important agronomic indices of corn as affected by intercropping systems with peanut and nitrogen rates. Journal of Agroecology 8(1): 70-81. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7(3): 381-396. (In Persian with English Summary)

Ross, S.M., King, J.R., Donovan, J.T.O., and Spaner, D. 2004. Intercropping berseem clover with barley and oat cultivars for forage. Agronomy Journal 96: 1719–1729.

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaieli, A., Hosseini M.B., and Hashemi, M. 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research 148: 43-48.

Shakour Zadeh, A., Alizadeh, K., Pour Yousef, M., and Ghaffari, A.A. 2012. Study of density and nixed ratios on forage qualitative and quantitative yield in intercropping of barley and vetch under dryland conditions. Iranian Journal of Dry Land Farming 1: 63-74. (In Persian with English Summary)

Stolts, E., and Nadeau, E. 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality, soil residual N in organically grown forage maize and faba bean. Field Crops Research 169: 21-29.

Strydhorst, S.M., King, J.R., Lopetinksy, K.J. and Harker, K.N. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. Agronomy Journal 100: 182–190.

Vasilakoglou, I., and Dhima, K. 2008. Forage yield and competition indices of berseem clover intercropped with barley. Agronomy Journal 100: 1749–1756.

Xu, B.C., Li, F.M., and Shan, L. 2008. Switchgrass and milkvetch intercropping under 2:1 row-replacement in semiarid region, northwest China: Aboveground biomass and water use efficiency. European Journal of Agronomy 28: 485–492.

Evaluation of Forage Quantity and Quality of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Pea (*Pisum sativum* L.) Intercropping System in Maragheh Rainfed Conditions

A. Javanmard[1*], M. Amani Machiani[2] and H. Eskandari[3]

Submitted: 14-06-2017
Accepted: 01-01-2018

Javanmard, A., Amani Machiani, M., and Eskandari, H. 2019. Evaluation of Forage Quantity and Quality of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Pea (*Pisum sativum* L.) Intercropping System in Maragheh Rainfed Conditions. Journal of Agroecology. 11(2): 435-452.

Introduction

Intercropping can provide numerous benefits to cropping systems through increasing total yield and land use efficiency, improving yield stability of cropping systems, enhancing light, water, and nutrient use, improving soil conservation and controlling weeds, insects, or diseases. Moreover, intercropping can facilitate mechanical harvest, whereas legumes in mixtures with cereals can improve the quality of forage. Although cereals are widespread used in livestock nutrition for their high dry matter production and low cost, they have low nutrition value due to their poor protein content. High quality of forage has been notified as an important aspect of forage crop production.

Materials and methods

The experiment was conducted at the faculty of Agriculture, university of Maragheh, Iran as factorial based on randomized complete block design (RCBD). The first factor were 100, 150, 200, 250 and 300 plants m^{-2} of field pea and the second factor were different intercropping patterns based on substitution ratio (25% barley+75% filed pea, 50% barley+ 50% filed pea and 75% barley+ 25% field pea). At harvesting time quantity and quality properties including total forage yield neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP) and ash were determined. Also, the land equivalent ratio (LER) is defined as the land equivalent needed for growing either crops in intercropping systems compared with the land area needed to each crop monocultures. The LER values were calculated as:

$$LER = \frac{Y_{bp}}{Y_{bb}} + \frac{Y_{pb}}{Y_{pp}} \qquad \text{(Eq.2)}$$

$$LER_s = \frac{Y_{bp}}{Y_{bb\ Max.}} + \frac{Y_{pb}}{Y_{pp\ Max.}}$$

Where LER and LER_s were land equivalent ratio and standard land equivalent ratio, respectively; Y_{pp} and Y_{bb} were yields of field pea and barley monoculture; and Y_{pb} and Y_{bp} were yields of field pea and barley in intercropping patterns. Analysis of variance of the data and mean comparison based on Duncan's multiple range test were carried out using MSTATC statistical software.

Results and discussion

The results showed that the total forage yield was significantly affected by different planting patterns and densities. The highest total forage yield was obtained under 75% barley+ 25% forage pea followed by 50% barley+ 50% forage pea. Also, the lowest total forage yield was observed under 25% barley+ 75% field pea. In Addition to, densities of 100 and 300 plants.m^{-2} of field pea had the highest and lowest effect on total forage yield. The higher forage production may be due to higher resource use complementarity in time and space between intercropping components. In terms of forage quality, ash forage decreased with increasing proportion

1 and 2- Associate Professor and Ph.D student of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran, respectively.
3- Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
(*- Corresponding Author Email: a.javanmard@maragheh.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i2.65105

of barley. Thus, under 75% barley+ 25% forage pea the forage ash amount decreased 23.85 and 17.38% in comparison to 25% barley+ 75% forage pea and 50% barley+ 50% forage pea. Concentration of the total crude protein enhanced by increasing proportion of forage pea in intercropping. Therefore, the highest percent of the total crude protein was obtained under 25% barley + 75% forage pea with density of 300 plants m^{-2}. In addition, the content of neutral detergent fiber (NDF) and ADF significantly decreased with increasing proportion of forage pea. Forage quality improvement in terms of higher crude protein and lower NDF and ADF were attributed to presence of the legume species in intercropping patterns (Stolts & Nadeau, 2014). In most treatments, the LER values were >1, which suggests an overall yield advantage of intercropping compared with monoculture.

Conclusion

Our trials exhibited that, the highest total forage yield was obtained under 75% barley+ 25% forage pea. NDF and ADF increased with enhancing proportion of barley. So that, the highest and the lowest ADF and NDF content were obtained under 75% barley+ 25% field pea and 25% barley+ 75% filed pea, respectively. The highest LER (1.25) was achieved under 25% barley+ 75% field pea (with density of 100 plants m^{-2}). Generally, barley intercropping with forage pea in lower densities can improve forage production under rainfed conditions.

Keywords: Ash, Crude protein, Density, Neutral detergent fiber (NDF), Yield